

**VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN
ÜBER DEN EINFLUSS VON TERPENEN AUF DEN
GRUNDUMSATZ IN THERMO-INDIFFERENTEN
BÄDERN BEIM MENSCHEN**

Thomas Dengjel

1977

Aus dem Institut für Med. Balneologie und Klimatologie der
Universität München
Vorstand: Prof. Dr. H. Drexel

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN EINFLUSS VON TERPENEN
AUF DEN GRUNDUMSATZ IN THERMO- INDIFFERENTEN BÄDERN BEIM
MENSCHEN

Inaugural- Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde an der
Ludwig Maximilians- Universität zu München

vorgelegt von

Thomas Dengjel

aus

München

Jahr

1977



Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der
Universität München

Berichterstatter : Prof. Dr. H. Drexel

Mitberichterstatter : Diplomphysiker K. Dirnagl

Dekan : Prof. Dr. Wolfgang Spann

Tag der mündlichen Prüfung : 26. 7. 1977

DISSERTATIONS- UND FOTODRUCK FRANK oHG
8 München 2, Gabelsbergerstraße 15, Tel. 2 8 0 9 0 9 0

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	Seite
1. Einleitung	
1.1. Darstellung des Problemkreises	1
2. Literaturübersicht	
2.1. Die thermische Wirkung von Bädern auf den Grundumsatz	2
2.2. Allgemeine Pharmakologie der Terpene	4
2.3. Spezielle Pharmakologie der Terpene	
2.3.1. Der spasmolytische Effekt	6
2.3.2. Nachweis der tranquillisierenden Wirkung von Terpenen	6
2.3.3. Wirkung als Bakteriostatika	7
2.3.4. Wirkung als Diuretika	8
2.3.5. Sedative Wirkung	8
3. Versuchsanordnung und Methodik	
3.1. Versuchspersonen	10
3.2. Anordnung der Meßgeräte	10
3.3. Badeanordnung	12
3.4. Atemgasabnahme bei den Probanden	14
3.5. Sauerstoffbestimmung	14
3.6. Kohlendioxydbestimmung	15
3.7. Volumenbestimmung	16
4. Darstellung der Ergebnisse	17
4.1. Atem- Minutenvolumendiagramm	18

4.2. O ₂ - Konzentrationsdiagramm	22
4.3. CO ₂ - Konzentrationsdiagramm	23
4.4. Berechnung des Ist- Umsatzes in kcal bezogen auf 24 Stunden	24
4.4.1. Istumsatz ohne Zusatz	25
4.4.2. Istumsatz mit Zusatz von 200 ml Melissen- Öl- Bad	25

5. Diskussion

5.1. Die im Kneipp Melissen- Öl- Bad enthaltenen Terpene beeinflussen die Thermorezeptoren der Hautoberfläche	29
5.2. Psychische Einflüsse	32
5.3. Anregende Wirkung über den Geruchssinn auf das limbische System	34

6. Zusammenfassung	36
--------------------	----

Literaturverzeichnis	37
----------------------	----

Meßergebnisse	40
---------------	----

1. Einleitung

1.1. Darstellung des Problemkreises

Schon seit geraumer Zeit wird die Heilpflanze Melisse in der Medizin angewandt. Bei Theophrast von Eresos, einem Schüler Aristoteles', wird das Melissophyton zum ersten Mal erwähnt. Nach den Griechen und Römern sind es die Ärzte der Araber, die die Melisse als besonders vielseitig helfendes Heilkraut preisen.

Zur Zeit Karl des Großen begegnen wir auf deutschem Boden zum ersten Mal der Melisse in einem Anbauplan für Heilpflanzen.

Bis zu Beginn des 19. Jahrhunderts wird die Melisse dank ihrer vielseitigen Anwendbarkeit gewürdigt. Durch die Erfolge der synthetischen Pharmaka sanken das Prestige und die Anwendung der traditionellen Pflanzenheilmittel. Als Ergänzung zu den synthetisierten Arzneimitteln sind die Pflanzenheilmittel heute ein Bestandteil der Medizin.

In der Balneotherapie wird die Melisse in Form von Melissen-Öl-Bädern angewendet. Die Ölbäder enthalten ätherische Öle, die bedingt durch ihre Fettlöslichkeit von der unverletzten Haut absorbiert werden können. Die Wirkung der Bäder wird durch ihren Terpenanteil bestimmt. Diese erreichen auf zwei Wegen den Organismus. Während des Badens wird ein Teil der ätherischen Öle von der Haut aufgenommen, ein anderer Teil übt seine Wirkung über die Atemwege und durch Reiz der Geruchsnerven aus.

Die Aufgabe der vorliegenden Arbeit bestand darin, Untersuchungen über die Beeinflussung des Grundumsatzes durch Melissen-Öl-Bäder durchzuführen.

2. Literaturübersicht

2.1. Die thermische Wirkung von Bädern auf den Grundumsatz

Da der Grundumsatz nicht alleine von dem Badezusatz, sondern auch von der Badetemperatur beeinflusst wird, muß die thermische Wirkung auf den Grundumsatz berücksichtigt werden. Daher ist es wichtig, für die von uns durchgeführten Versuche die Erkenntnisse von DREXEL(1) über die thermische Wirkung auf den Grundumsatz zu beachten und daraus schlußfolgernd die Raumbedingungen konstant zu halten.

" Physiologische Studien über das Verhalten der Grundumsatzwerte die von Thauer und Wezler an nicht bekleideten Personen bei Lufttemperaturen von 5°C bis 50°C unter definierten Bedingungen angestellt wurden, zeigen, daß die Behaglichkeits-temperatur im Bereich von 30°C liegt. Ein breiterer Temperaturbereich von 22°C bis 36°C Lufttemperatur bei 50% relativer Luftfeuchtigkeit ließ sich als metabolisch indifferente Zone abgrenzen. Jenseits dieser Temperaturgrenzen kommt es mit individuellen Unterschieden zu einer Steigerung der Grundumsatzwerte, in der Kälte wegen des einsetzenden Muskelzitterns, das mit einer Stoffwechselsteigerung einhergeht, und in der Wärme wegen der mit der Körpertemperatursteigerung verbundenen Erhöhung des Sauerstoffverbrauches (analog der van't Hoff'schen RGT-Regel). Später konnten Wezler und Neuroth den Nachweis führen, daß die metabolisch wirklich indifferente Zone enger begrenzt sein muß, da es bei Lufttemperaturen unterhalb der Hauttemperatur zu einer Auskühlung kommt und damit zu einer Stoffwechselsenkung im Körperschalenteil.

Im Bad ist wegen der thermophysikalischen Bedingungen dieser metabolisch indifferente Bereich noch enger zusammengescho-
ben und liegt mit individuellen Unterschieden zwischen 32°C
und 36°C Wassertemperatur.

Auch die Stoffwechselsteigerungen bei kalten und warmen Bäd-
dern sind auf relativ kleinere Temperaturbezirke als bei den
Luftbädern zusammengedrängt, wie aus der folgenden Abbildung
hervorgeht:

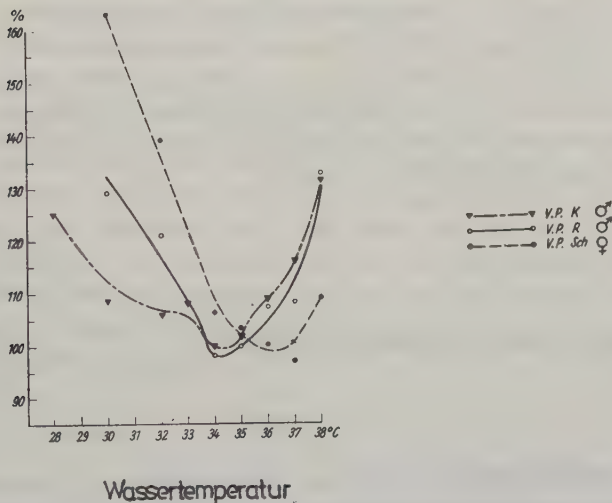


Abb. 1 Grundumsatzwerte bei Vollbädern verschiedener
Wassertemperatur (nach einer Badedauer von
1 Stunde bei 3 Versuchspersonen)

Das Atemvolumen ist abhängig vom Sauerstoffbedarf. Bei der Hyperthermie des Organismus nimmt die Atemfrequenz zu, während die Atemtiefe ungefähr gleich bleibt. Bei der Hypothermie nimmt die Frequenz ab und die Atemtiefe zu. Für den respiratorischen Quotienten ließ sich keine Temperaturabhängigkeit beweisen. Nach Thanner und Wezler spielt die Atmung für die physikalische Körpertemperaturregelung nur eine untergeordnete Rolle.

In der Kälte ist die Stoffwechselsteigerung aktiv und dient wegen der vermehrten Wärmeabgabe dem Ausgleich der Wärmebilanz. Der Anstieg der Körpertemperatur bei Überwärmungsmaßnahmen und die damit verbundene Stoffwechselsteigerung ist nach der van't Hoff'schen Regel mit einer Erhöhung der Reaktionsgeschwindigkeit in gesetzmäßiger Weise verbunden, d.h. alle oxydativen, fermentativen, katalytischen und sonstigen Reaktionen laufen rascher ab. "

2.2. Allgemeine Pharmakologie der Terpene

WAGNER und SPRINKMEIER (2) geben an, daß ätherische Öldrogen und die daraus gewonnenen Destillate, Essenzen oder aromatischen Wässer, zu denen Melissen-Öl-Bad gehört, in der Gewürzindustrie als Karminativa, Diuretika, Nervina, Spasmolytika, Antiphlogistika und Baktericide schon seit langer Zeit therapeutisch eine bedeutsame Rolle spielen. In den meisten Fällen wird die Wirkung dem gesamten Terpenanteil eines ätherischen Öls zugeschrieben. Nur vereinzelt konnten bestimmte Terpene als die alleinigen Träger der pharmakologischen Wirkung identifiziert werden.

Die bisher geübte Therapie mit ätherischen Ölen schien dieses zu bestätigen, denn die meisten im Handel befindlichen Destillate stammen von Drogengemischen aus zehn bis fünfzehn Einzeldrogen.

Das Melissenöl wurde bereits qualitativ und quantitativ untersucht. So haben GILDMEISTER und HOFFMANN (3) folgende Inhaltsstoffe ermittelt: Geraniol, Linalol, Citonellal, Citral Citronellol, Ketone und Phenole.

Die quantitativen Angaben über die Ölzusammensetzung schwanken. HEFENDEHL (4) fand 35% aliphatische Alkohole und 5% Aldehyde. Die Angaben über den Ölgehalt der Pflanzen schwanken zwischen 0.01% und über 0.03% bei 100g getrockneten Pflanzenmaterial. Abhängig ist diese Zahl von dem Entwicklungsstand der Pflanzen und von Umweltfaktoren.

Die pharmakologische Wirkung der ätherischen Öle wird nach KUSCHINSKY und LÜLLMANN (5) weitgehend von ihrer Löslichkeit in lipoiden Lösungsmitteln bestimmt. Das zeigt sich schon bei der percutanen Resorption. Für die von uns durchgeführten Versuche ist von großer Bedeutung, daß bedingt durch die Fettlöslichkeit, ätherische Öle auch von der unverletzten Haut absorbiert werden können.

2.3. Spezielle pharmakologische Wirkung der Terpene

2.3.1 Der spasmolytische Effekt

IMASEKI und KITABATAKE (6) untersuchten eine größere Anzahl von ätherischen Ölen und deren Bestandteile auf ihre spasmolytischen und spasmogenen Eigenschaften am Dünndarm der Maus. Sie fanden, daß Monoterpenkohlenwasserstoffe und eine Reihe von Ölen eine spasmogene Wirkung haben, während Monoterpenalkohole und Phenole eine muskulotrop spasmolytische Wirkung besaßen.

Ein isoliertes Darmstück wurde in einer Nährlösung durch Bariumchlorid in starke Kontraktion versetzt. Unter der Einwirkung der im Melissenöl enthaltenen Terpene wurden diese Kontraktionen gehemmt.

2.3.2 Nachweis der tranquillisierenden Wirkung von Terpenen

HOLM, HASELBERGER, REITH, FISCHER und FIENE (7) haben unter Narkose Katzen Elektroden in verschiedene Hirnareale implantiert, um aus einzelnen Hirngebieten gleichzeitig elektrische Potentiale abzuleiten. Das Versuchsprogramm umfaßte zentral ausgelöste Antwortpotentiale und Erregbarkeitszyklen subkortikaler Hirngebiete, außerdem elektronische Intervallanalysen des kortikalen EEG und Schwellenbestimmungen

von " EEG Weckreaktionen ". Nach Verabreichung der Terpenfraktionen eines Destillates ätherischer Öldrogen wurden die Gehirnnareale an den Elektrodenenden gereizt und neurophysiologische Ableitungen durchgeführt. So konnte der Nachweis erbracht werden, daß die ätherischen Öle selektiv im limbischen System wirken, indem sie die Antwortpotentiale auf Reizung und Doppelreizung beeinflussen. Die Befunde sprechen für Aktivitätssteigerung hippocampaler Strukturen durch 10-30 mg/kg und für Erregbarkeitsdämpfung der Formatio reticularis durch 100 g der Terpenfraktion.

2.3.3. Wirkung als Bakteriostatika

MÖSE und LUKAS(8) zeigten, daß die bakteriostatische Wirkung des Melissenöls auf seinem Aldehydgehalt beruht. Sie tranken sterile Filterpapierstreifen mit den zu untersuchenden ätherischen Ölen und legten sie auf die mit Bakterien beimpfte Nährbodenplatte. Im Falle einer antibakteriellen Wirkung hatte sich nach 24 Stunden ein deutlicher Hemmhof um den Streifen ausgebildet, für dessen Entstehung sie drei Möglichkeiten in Betracht zogen:

- a) Bildung eines Films auf der Nährbodenoberfläche
- b) Diffusion in den Agar
- c) Ausbildung einer Dunstglocke

2.3.4 Wirkung als Diuretika

Die Ausscheidung von Terpenen wird nach MÖSE und LUCAS (8) entscheidend dadurch erleichtert, daß mischfunktionelle Oxygenasen die Löslichkeit in Richtung Wasser verschieben und die Angreifbarkeit für Glukuronisierung und Veresterung mit Schwefelsäure vorbereiten. Bestimmte ätherische Öle, die durch die Niere ausgeschieden werden, rufen dort eine vermehrte Durchblutung hervor. Diese löst eine verstärkte Diurese aus. Dadurch wird die Tätigkeit des sezernierenden Nierenepithels angeregt.

2.3.5 Sedative Wirkung

BRAUN (9) und in neuerer Zeit GLOWATZKI (10) haben die sedative Wirkung der Melisse beschrieben. Bei der Testung der geistigen Leistungen an gesunden Versuchspersonen mit Melissengeist nach der Methode von WERZ und HOMANN (11) fand man, daß die durch Coffein auf 59% der Norm verbesserte Leistung durch die Einnahme von 20 ml Melissengeist weitgehend, d.h. zu 78% verschlechtert wurde.

Interessant ist die Frage, ob der sedierende Effekt auf den Alkoholanteil oder auf den Terpenanteil zurückzuführen ist. Im Laboratorium der Firma KLOSTERFRAU (12) wurden Untersuchungen an zwei Gruppen von Mäusen durchgeführt. Der einen Gruppe hatte man Klosterfrau Melissengeist, der anderen Gruppe

die entsprechende Menge gleich konzentrierten reinen Alkohol gegeben. Durch Lichtschranken wurde die Bewegung der Versuchstiere gemessen. Dabei stellte man fest, daß die sedative Wirkung von Melissengeist stärker ist als die einer entsprechenden Menge Alkohols.

3. Versuchsanordnung und Methodik

3.1. Versuchspersonen

An 11 Versuchspersonen im Alter von 20-30 Jahren wurden 22 Versuche durchgeführt. Die Probanden mußten nüchtern zum Versuch antreten und während der Versuchsdauer sich in völliger Ruhe befinden. Die Versuche wurden an unbekleideten Personen durchgeführt. Es wurde darauf geachtet, den Beginn der Versuche bei jedem Probanden entsprechend der Tageszeit beim ersten Bad einzuhalten.

Abwechselnd ist mit Nullbädern und Zusatzbädern begonnen worden, um einen Einfluß der Reihenfolge auszuschließen.

Die Badezeit betrug 30 Minuten und die Badetemperatur schwankte zwischen 36°C und 37°C .

3.2. Anordnung der Meßgeräte

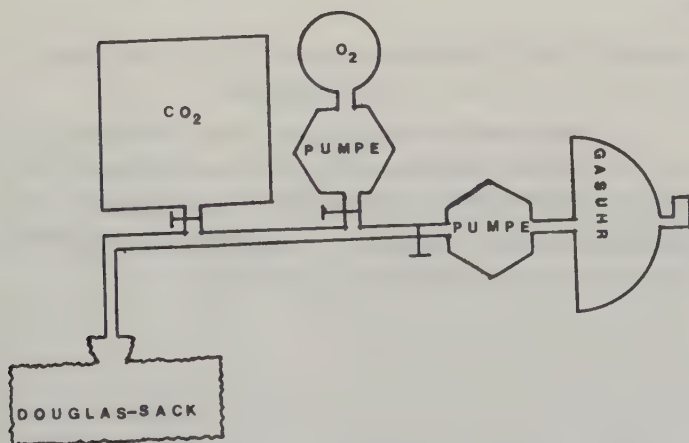
In einem vollklimatisierten Baderaum, mit einer Raumtemperatur von ca. 26°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von ca. 55%, bei einer Luftumwälzung von ca. $1100 \text{ m}^3/\text{Std.}$, befand sich über einer Badewanne eine Liege, die hydraulisch in das Badewasser herabgelassen werden konnte.

Die Probanden atmeten in einen Gummisack, der nach Füllung an ein Verteilersystem angeschlossen wurde, so daß der Gas-

fluß zu den Meßgeräten strömen konnte.

Als erstes wurde der CO_2 - Gehalt des Atemgases bestimmt. Hierbei waren die Zufuhr zu dem O_2 - Meßgerät und der Pumpe zum Entleeren des Douglas- Sackes unterbrochen. Bestimmt wurde der CO_2 - Gehalt mit dem Hartmann & Braun - Grundumsatz- gerät. Anschließend wurde der O_2 - Gehalt der Atemluft mit dem Servomex - Sauerstoffanalysator bestimmt. Vorgeschaltet war eine Pumpe, an die eine Gasuhr angeschlossen war. Das bei den beiden Messungen verbrauchte Gas wurde zu dem noch in dem Douglas- Sack befindlichen Gas addiert und ergab so das Gesamtvolumen.

Versuchsaufbau



CO_2 = Hartmann & Braun Grundumsatzgerät

O_2 = Servomex - Sauerstoffanalysator

3.3. Badeanordnung

Die verwendete Badewanne aus Edelstahl war jeweils mit 460 l Wasser gefüllt. Es umgab sie eine Mantelfüllung, die an eine Umwälzanlage angeschlossen war. Die Temperatur konnte so konstant gehalten werden. Die Zufuhr für die Mantelfüllung und Badewasser konnten an einem Mischpult reguliert werden, das mit Thermometern versehen war.

Über der Badewanne befand sich eine Liege, die durch eine Hydraulik gehoben und gesenkt werden konnte. Dies ermöglichte uns, die Probanden ins Wasser herabzulassen und wieder hoch-zuhieven, ohne die Ruhelage zu beeinträchtigen. Geachtet wurde darauf, daß der gesamte Körper bis zum Hals von Wasser umgeben war.

Pro Bad wurden 200 ml " Melissen-Öl-Bad " der Firma Kneipp verwendet. 100 g enthalten laut Firmenangabe:

Citronellöl Typ Java	20 g
Emulgator Tween 20	50 g
Farbstoffe und Wasser ad	100 g

Citronellöl besteht aus Citronellal, Geraniol (ca. 70 %), Barneol, Camphen, Dipenten, Limonen und Nerol.

Die Messungen wurden nach folgendem Zeitschema durchgeführt und protokolliert:

Name:

geb.:

Wasserhöhe:

Wassertemp.:

Blaszeit ¹⁾:

nüchtern seit:

Tag:

Beginn:

Badeart:

relat. Luftf.:

Raumtemp.:

	Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml) ²⁾	V _R (l) ³⁾	AMV ⁴⁾
RUHE	n. 30'					
	n. 60'					
RUHE	n. 30'					
	Badez.					
RUHE	n. 15'					
	n. 30'					

1) in den Douglassack eingeatmete Zeit

2) das für die Bestimmung in den Meßgeräten verbrauchte Volumen

3) das im Douglassack nach den Messungen verbliebene Restvolumen

4) Atemminutenvolumen

3.4. Atemgasabnahme bei den Probanden

Der Douglas- Sack war mit einem Mundstück versehen. Die Versuchspersonen mußten 5 Minuten in den Schlauch einatmen. Es durfte weder hypo- noch hyper- ventiliert werden. Nach Beendigung des Versuches wurde durch Kneten des Schlauches eine Durchmischung der ausgeatmeten Luft erreicht.

Das Atemvolumen (AMV) wurde durch Addieren des bei der CO_2 und O_2 Bestimmung verbrauchten Gases (V_m) mit dem noch im Douglas- Sack verbliebenen Restvolumen (VR) bestimmt.

3.5. Sauerstoffbestimmung

Die physikalische Eigenschaft, die den Sauerstoff von den meisten der üblichen Gase unterscheidet, ist sein Paramagnetismus. Faraday hat herausgefunden, daß eine hohle Glaskugel, die sich am Ende eines waagrechten Stabes befindet und von seidenen Fasern gehalten wird, magnetisch angezogen wird, wenn man sie mit Sauerstoff füllt.

In dem angewandten Sermovex - Sauerstoffanalysator wird dieses Prinzip noch dadurch intensiviert, daß man an beiden Enden solche Kugeln anbringt. Die Kugeln bilden gemeinsam mit dem Stab eine Hantel. Diese hängt frei in einem ungleichmäßigen Magnetfeld. Ist in dem umgebenden Gas Sauerstoff enthalten, so werden die Kugeln durch den paramagnetischen Sauerstoff

Die Messungen wurden nach folgendem Zeitschema durchgeführt und protokolliert:

Name:

geb.:

Wasserhöhe:

Wassertemp.:

Blaszeit ¹⁾:

nüchtern seit:

Tag:

Beginn:

Badeart:

relat. Luftf.:

Raumtemp.:

	Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml) ²⁾	V _R (l) ³⁾	AMV ⁴⁾
RUHE	n. 30'					
	n. 60'					
	n. 30' Badez.					
RUHE	n. 15'					
	n. 30'					

1) in den Douglassack eingeatmete Zeit

2) das für die Bestimmung in den Meßgeräten verbrauchte Volumen

3) das im Douglassack nach den Messungen verbliebene Restvolumen

4) Atemminutenvolumen

3.4. Atemgasabnahme bei den Probanden

Der Douglas- Sack war mit einem Mundstück versehen. Die Versuchspersonen mußten 5 Minuten in den Schlauch einatmen. Es durfte weder hypo- noch hyper- ventiliert werden. Nach Beendigung des Versuches wurde durch Kneten des Schlauches eine Durchmischung der ausgeatmeten Luft erreicht.

Das Atemvolumen (AMV) wurde durch Addieren des bei der CO_2 und O_2 Bestimmung verbrauchten Gases (V_m) mit dem noch im Douglas- Sack verbliebenen Restvolumen (V_R) bestimmt.

3.5. Sauerstoffbestimmung

Die physikalische Eigenschaft, die den Sauerstoff von den meisten der üblichen Gase unterscheidet, ist sein Paramagnetismus. Faraday hat herausgefunden, daß eine hohle Glaskugel, die sich am Ende eines waagrechten Stabes befindet und von seidenen Fasern gehalten wird, magnetisch angezogen wird, wenn man sie mit Sauerstoff füllt.

In dem angewandten Sermovex - Sauerstoffanalysator wird dieses Prinzip noch dadurch intensiviert, daß man an beiden Enden solche Kugeln anbringt. Die Kugeln bilden gemeinsam mit dem Stab eine Hantel. Diese hängt frei in einem ungleichmäßigen Magnetfeld. Ist in dem umgebenden Gas Sauerstoff enthalten, so werden die Kugeln durch den paramagnetischen Sauerstoff

hinausgetragen. Die Abweichung entspricht der Sauerstoffkonzentration, da diese proportional dem Paramagnetismus des umgebenden Gases ist.

3.6. Kohlendioxydbestimmung

Der CO_2 - Gehalt der ausgeatmeten Luft wurde mit dem Gerät von Hartman & Braun bestimmt. Das HB- Grundumsatzgerät arbeitet nach der Wärmeleitfähigkeitsmethode. Dem Meßprinzip liegt folgender Gedanke zugrunde: Ein in einem Gase gespannter, von einem konstanten elektrischen Strom durchflossener dünner Edelmetalldraht nimmt eine bestimmte von der Wärmeleitfähigkeit des Gases abhängige Temperatur an, und zwar ist diese umso höher, je schlechter das Gas die Wärme leitet. Die Temperatur des Drahtes bestimmt den Wert seines elektrischen Widerstandes. Durch Messungen dieses Widerstandes kann ein Schluß auf die Zusammensetzung des den Draht umgebenden Gases gezogen werden, wenn es aus 2 Komponenten mit verschiedener Wärmeleitfähigkeit besteht. Widerstandsmessungen werden mittels der Wheatstoneschen Brückenschaltung ausgeführt.

Mindestens eine halbe, meistens jedoch eine Stunde vor der eigentlichen Messung, wurde das Grundumsatzgerät eingeschaltet. Dadurch konnten sich im Gerät stationäre Temperaturverhältnisse einstellen, die die Nullpunkt Konstanz gewährleisteten.

Die Menge des Atemgases, die aus dem Gummifaltschlauch durch das Grundumsatzgerät angesaugt wurde, ist mit einer Gasuhr bestimmt worden.

Waren alle vorher bestimmten Aufgaben durchgeführt worden, konnte zur Messung übergegangen werden. Der Instrumentenanzeiger des Analysators erreichte seine Endstellung nach drei Minuten. Eine Minute wurde als Sicherheitsfaktor hinzugerechnet, so daß immer nach vier Minuten der Wert abgelesen werden konnte. Zur Vermeidung der Parallaxe mußte bei jeder Ablesung der Zeiger und sein Spiegelbild zur Deckung gebracht werden.

3.7. Volumenbestimmung

Der mit der ausgeatmeten Luft von den Probanden gefüllte Gummisack wurde an ein Verteilersystem angeschlossen. Das Gesamtvolumen wurde bestimmt durch Addieren des bei der CO_2 - und O_2 - Messung verbrauchten Gases mit dem noch im Gummisack verbliebenden Restvolumen. Dies ermöglichte eine Gasuhr, der eine Pumpe vorgeschaltet war. Errechnet wurde das Atemminutenvolumen (AMV)

4. Darstellung der Ergebnisse

Die aus den Versuchen resultierenden Werte für Sauerstoff, Kohlendioxyd und das Atemvolumen, wurden auf Lochkarten übertragen. Außerdem wurden noch Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und der Luftdruck bei der Auswertung der Daten berücksichtigt. Errechnet wurden die Mittelwerte und die Streuung der einzelnen Meßdaten vor dem Bad, nach 90 Minuten Ruhezeit, nach 30 Minuten Badezeit im Bad und anschließend nach 15 und weiteren 30 Minuten Ruhezeit.

Zur Prüfung der Mittelwerte aus Zusatz- und Normalbädern auf Unterschiede wurde der t-Test angewendet. Dazu wurde die Mittelwertdifferenz mit der sogenannten "gepoolten" Varianz verglichen. Den für jeden Zeitpunkt gefundenen t-Werten entsprechen Irrtumswahrscheinlichkeiten von $p < 0,05$ %. Das Risiko, bei dieser Signifikanzschranke die Nullhypothese abzulehnen, obwohl tatsächlich nur ein zufälliger Unterschied zwischen beiden Gruppen besteht, erscheint für diese Untersuchung ausreichend gering. Die erhaltenen Daten wurden in Diagramme übertragen, die vergleichende Urteile über die Unterschiede mit und ohne Badezusatz ermöglichen.

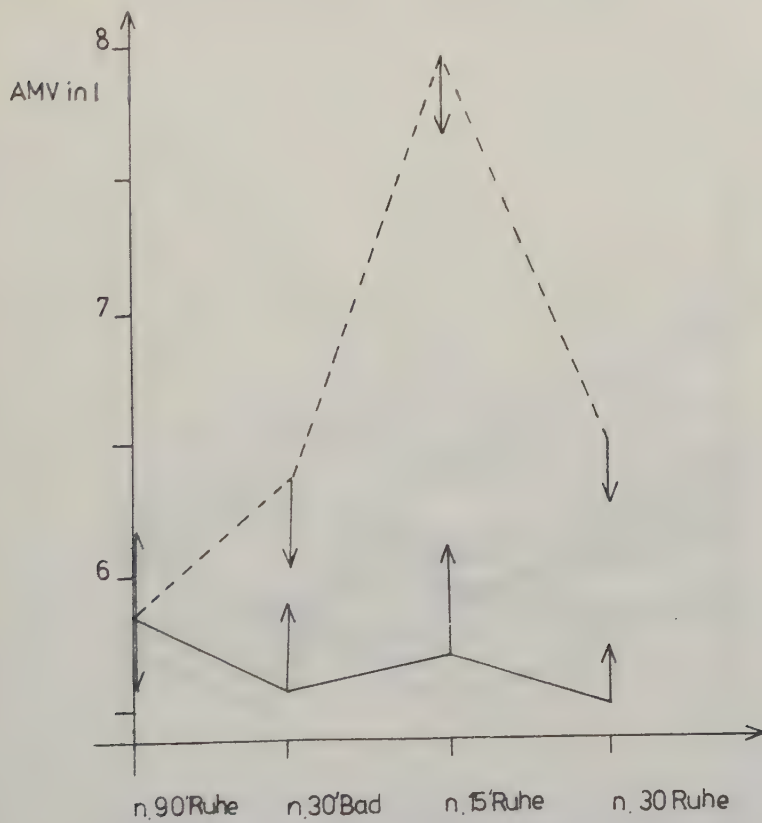
4.1. Atem-Minutenvolumendiagramm

Bei den Kurven des Volumens liegt der Ausgangspunkt beider Kurven, mit und ohne Badezusatz, bei 5,8 Litern/Minute. Es ist ein Wert, der sich aus zwei Messungen pro Bad zusammensetzt. Eine wurde nach 30 Minuten Ruhezeit durchgeführt und die zweite nach weiteren 60 Minuten. Auffallend ist der steile Anstieg der Kurve während und vor allem nach dem Bad mit Zusatz auf einen Durchschnittswert von 7.95 Litern.

Ohne Zusatz ist während des Bades ein leichter Abfall der Kurve ersichtlich, die dann 15 Minuten nach dem Bad leicht ansteigt.

Das Ergebnis der Signifikanz- Prüfung ergibt, daß sich die mittleren Fehler beider Kurven nicht überlagern.

Abb. 2 Verlauf des Atem- Minutenvolumens mit und ohne Zusatz von Kneipp Melissen-Öl-Bad



mit Zusatz -----

ohne Zusatz —————

Abb. 3 Verlauf der einzelnen Atem- Minutenvolumina
ohne Zusatz von Kneipp Melissen-Öl-Bad

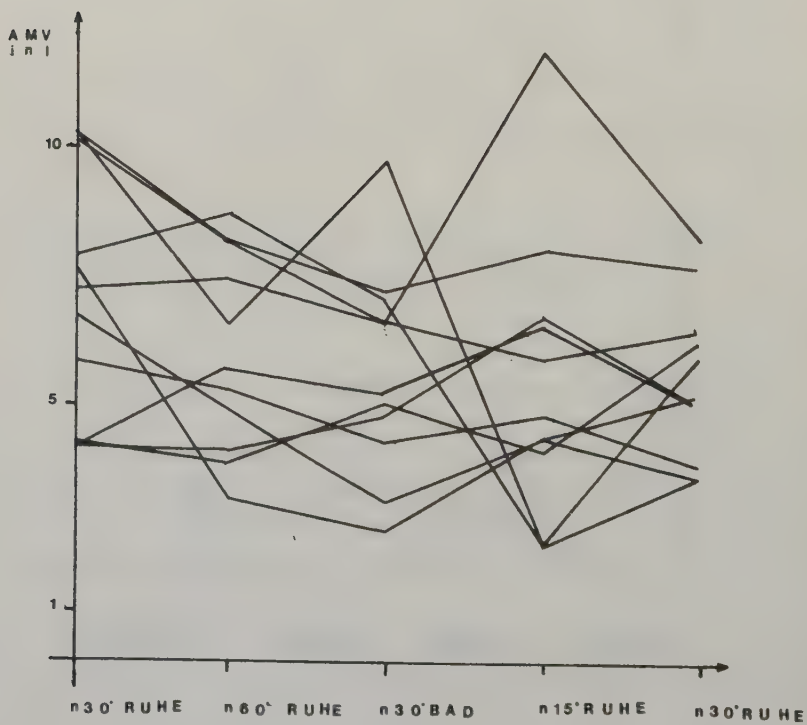
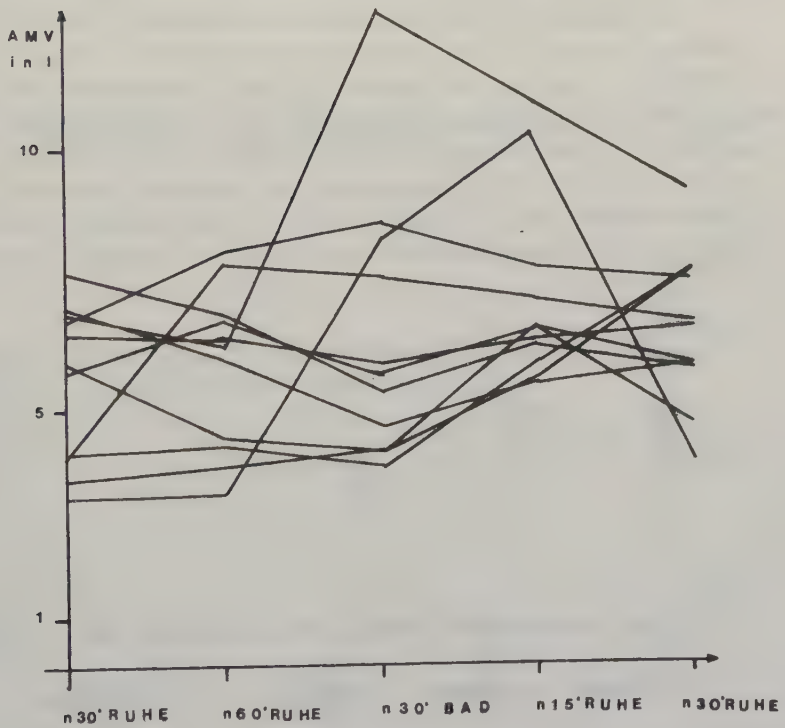


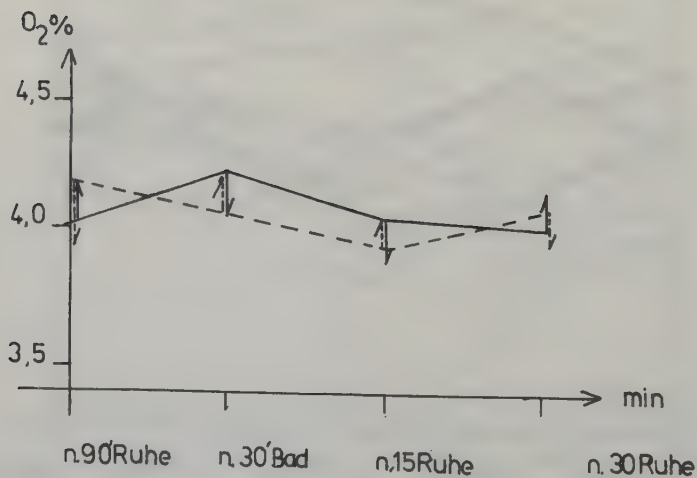
Abb. 4 Verlauf der einzelnen Atem- Minutenvolumina
mit Zusatz von Kneipp Melissen-Öl-Bad



4.2. O_2 - Konzentrationsdiagramm

Bei den Sauerstoffkurven läßt sich keine Aussage über Unterschiede zwischen dem Bad mit und ohne Zusatz machen. Beide Kurven überlagern sich. Die Sauerstoffkonzentration erreicht nach dem Bad mit Zusatz den tiefsten Wert von 3,88 $O_2\%$.

Abb. 5 O_2 - Konzentrationsdiagramm mit und ohne Zusatz von Kneipp Melissen-Öl-Bad



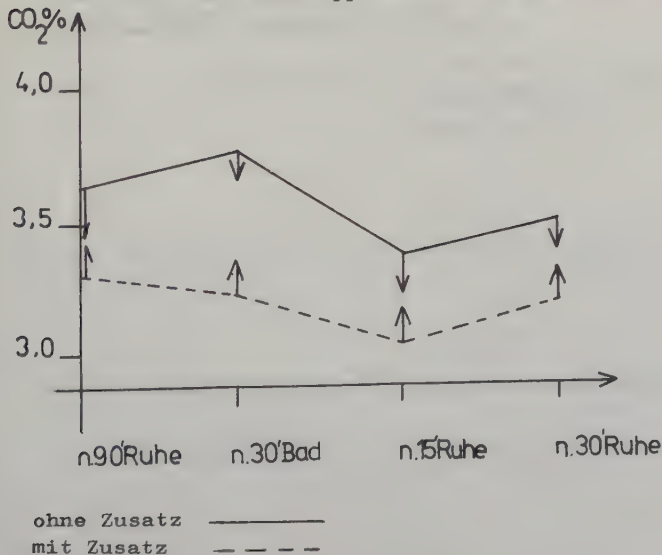
mit Zusatz - - - -

ohne Zusatz ———

4.3. CO_2 - Konzentrationsdiagramm

Vergleicht man die $\text{CO}_2\%$ -Kurven, so ist ein Unterschied zwischen den Bädern mit und ohne Zusatz zu erkennen. Die Konzentrationswerte liegen beim Bad mit Kneipp- Melissen-Öl-Bad deutlich unter dem Wert ohne Zusatz. Auch hier erreichen die Werte wie bei der Sauerstoffkonzentrationskurve ihren tiefsten Punkt 15 Minuten nach dem Bad. Der Wert liegt bei $3,15 \text{ CO}_2\%$. (Auffallend ist, daß bei allen drei vergleichenden Untersuchungen, der $\text{CO}_2\%$ -Kurve, der $\text{O}_2\%$ -Kurve und bei dem Volumendiagramm mit Zusatz, die Extremwerte 15 Minuten nach dem Bad erreicht werden. Zu diesem Zeitpunkt ist ein Maximum der percutan resorbierten Terpenmenge im Blut erreicht.) 45 Minuten nach dem Bad mit Zusatz erreicht der Konzentrationswert bei geringem Unterschied den Ausgangspunkt.

Abb. 6 $\text{CO}_2\%$ - Konzentrationsdiagramm mit und ohne Zusatz von Kneipp Melissen-Öl-Bad



Die Werte ohne Zusatz verzeichnen während des Bades einen Anstieg, der nach dem Bad wieder abfällt. Auch hier nähert sich der Endkonzentrationswert dem Ausgangspunkt.

4.4. Berechnung des Ist-Umsatzes in kcal bezogen auf 24 Stunden

nach
$$J = 0,6352 \times \frac{v \times b}{273 + t} \times (CO_2 + 3,11 \times O_2)^{+)}$$

Wobei bedeutet: J = Istumsatz in kcal in 24 Stunden

v = Volumen der Atemluft in Litern / 10 min

t = Raumtemperatur in °C

b = Barometerstand in mm Quecksilber

(Der Barometerstand ist der Mittelwert von den Versuchstagen, gemessen in mm Quecksilber.)

O₂ = O₂-Defizit in %

CO₂ = CO₂- Gehalt in %

⁺) Anleitung des Hartmann & Braun Grundumsatzgerätes S. 18

4.4.1 Istumsatz ohne Zusatz

1. Vor dem Bad

$$J = 0,6352 \times \frac{58,78 \times 1000}{273 + 25} \times (3,65 + 3,11 \times 4,04) = 2031,5 \text{ kcal}$$

2. Im Bad

$$J = 0,6352 \times \frac{55,78 \times 1000}{273 + 25} \times (3,7 + 3,11 \times 4,22) = 2000,4 \text{ kcal}$$

3. Nach dem Bad

$$J = 0,6352 \times \frac{55,71 \times 1000}{273 + 25} \times (3,42 + 3,11 \times 4,05) = 1901,68 \text{ kcal}$$

4. Nach weiteren 30 Minuten Ruhezeit

$$J = 0,6352 \times \frac{55,11 \times 1000}{273 + 25} \times (3,54 + 3,11 \times 4,02) = 1884,48 \text{ kcal}$$

4.4.2 Istumsatz mit Zusatz von 200 ml Melissen-Öl-Bad

1. Vor dem Bad

$$J = 0,6352 \times \frac{58,84 \times 1000}{273 + 25} \times (3,33 + 3,11 \times 4,18) = 2048 \text{ kcal}$$

2. Im Bad

$$J = 0,6352 \times \frac{63,23 \times 1000}{273 + 25} \times (3,72 + 3,11 \times 4,09) = 2155,5 \text{ kcal}$$

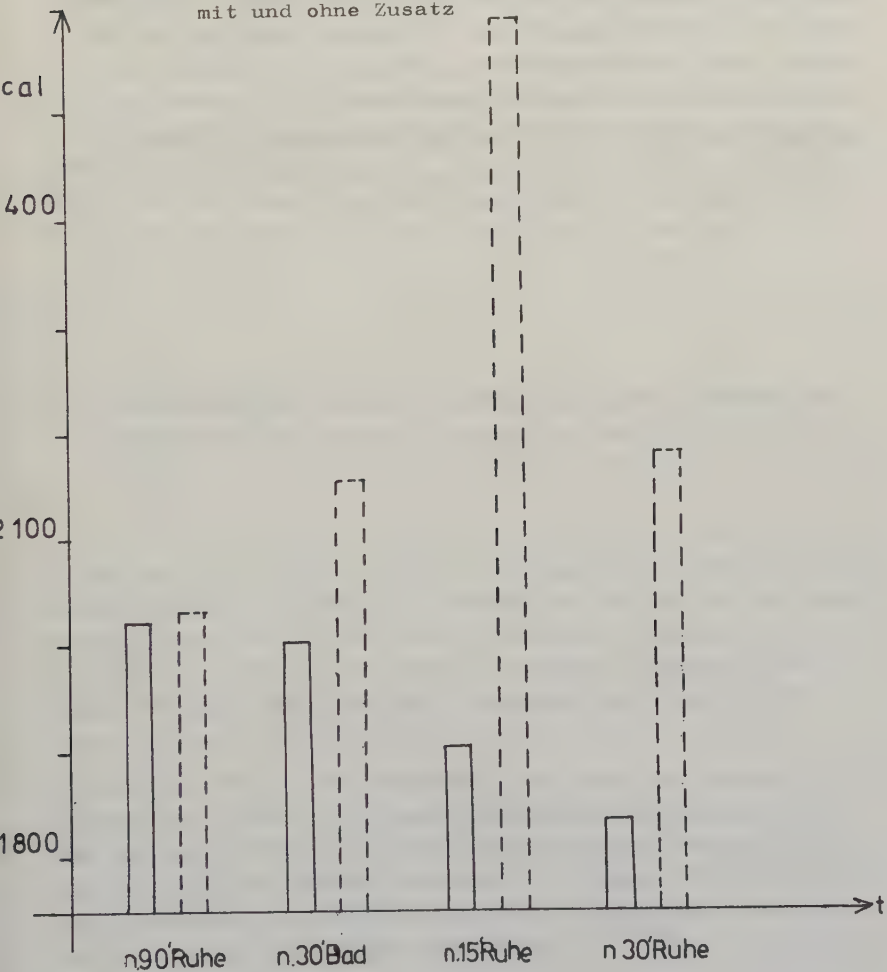
3. Nach dem Bad (15 min.)

$$J = 0,6352 \times \frac{79,62 \times 1000}{273 + 25} \times (3,05 + 3,11 \times 3,91) = 2581,3 \text{ kcal}$$

4. Nach weiteren 30 Minuten Ruhezeit

$$J = 0,6352 \times \frac{64,23 \times 1000}{273 + 25} \times (3,34 + 3,11 \times 4,06) = 2185,83 \text{ kcal}$$

Abb. 7 Graphische Darstellung des Istumsatzes in den Bädern mit und ohne Zusatz



Istumsatz in den Bädern mit Zusatz -----
 Istumsatz in den Bädern ohne Zusatz -----

Wie aus der Abbildung 5 hervorgeht, ist ein deutlicher Anstieg des Istumsatzes während dem Bad mit Zusatz zu ersehen. Auch hier wird der größte Wert 15 Minuten nach dem Bad erreicht, nach weiteren 30 Minuten fällt der Istumsatz stark ab, bis in die Nähe des Ausgangswertes.

Beide Kurven gehen nahezu vom gleichen Punkt aus, jedoch fällt die Kurve vom Istumsatz ohne Zusatz stetig ab.

5. Diskussion

Das interessanteste Ergebnis der durchgeführten Versuche ist zweifelsohne der steile Anstieg des Atemminutenvolumens bei und nach dem Bad mit Zusatz. Wie dieser Anstieg zu deuten ist, kann nicht mit Gewißheit gesagt werden. Die nun angeführten Hypothesen versuchen eine Erklärung dafür zu finden.

5.1. Die im Kneipp Melissen -Öl-Bad enthaltenen Terpene beeinflussen die Thermorezeptoren der Hautoberfläche

HENSEL und ZOTTERMANN (13) beschreiben in einer von ihnen 1951 veröffentlichten Arbeit die Wirkung von Menthol auf die Thermorezeptoren. Dabei wurde Menthol in einer Mischung von 1 : 10 000 verwendet. Da Menthol auch ein Bestandteil von Melissenöl ist, darf man davon ausgehen, daß dieser Effekt auch für unsere Badeversuche zutrifft.

Die Kälteempfindung bei Berührung der Zunge mit Menthol ist erwiesen und schon seit langer Zeit ausgenutzt worden. Diese Empfindung ist nicht durch eine physikalische Kältezufuhr auf Haut und Schleimhäute verursacht, sondern durch eine chemische Reaktion des Menthols mit Kälterezeptoren, oder eine mögliche Lähmung der Wärmerezeptoren.

Die auf die äußere Haut wirkende thermische Störung wird direkt, ehe sie den Körperkern überhaupt erreicht, zum Zentrum gemeldet, so daß diese Störung schon im Vorfeld des Körperinneren abgefangen werden kann.

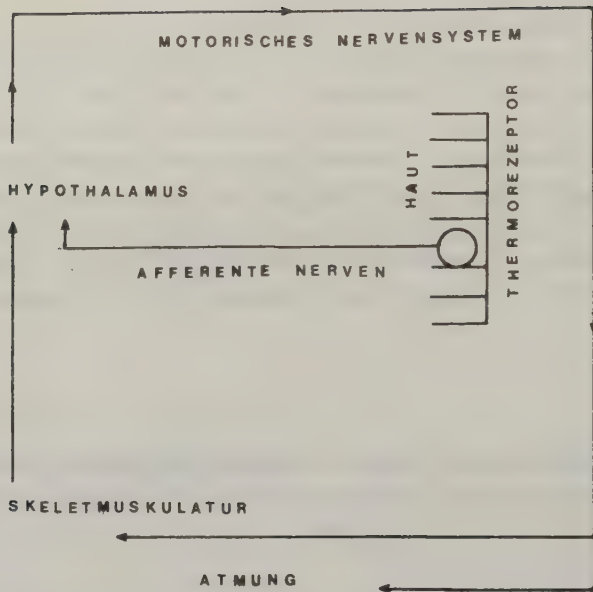


Abb.8 Schema zur Temperaturregelung in physiologischer Darstellungsweise (Informationsübertragung)

GOLENHOFEN (14) hat in elektrophysiologischen Untersuchungen über die cutanen Thermorezeptoren klarstellen können, daß es zwei ganz verschiedene, hochspezifische Rezeptortypen gibt: Kaltrezeptoren, die bei Abkühlung erregt und bei Erwärmung gehemmt werden, und Warmrezeptoren, für die umgekehrt die Erwärmung den erregenden Reiz darstellen.

Plötzliche cutane Kühlung führt zu affektähnlicher, bevorzugt peripher lokalisierter Aktivierung der Muskeln. Es kommt zum Muskelzittern.

Von EIFF (15) zeigt an Hand einer Rechnung, daß wenige Tausendstel der tonischen Muskelaktivität genügen, um eine Istumsatzsteigerung erklären zu können.

" Für den Mann unseres Beispieles ergibt sich nun, wenn ein Tausendstel der Muskulatur jeweils mit 10 Hz aktiv ist, bei einer Gesamtwärme von rund 8×10^{-4} cal/g- Muskeleinzelsuckung macht bei isometrischer Zuckung eine Initialwärme von 0,0035 cal/g, und die Gesamtwärme ist ungefähr 2,25 mal so hoch - ein Gesamtverbrauch von 208 cal/Tag, das sind 12 % des Sollumsatzes."

Die oben angeführte Überlegung kann vielleicht den starken Anstieg des Atem-Minutenvolumens im Melissen-Öl-Bad gegenüber dem Nullbad erklären.

Auch wenn man berücksichtigt, daß der reflektorische Muskeltonus sich in indifferenten Leitungswasserbädern nachweislich vermindert, könnte man trotzdem die Energieumsatzsteigerung im Melissen-Öl-Bad auf eine Erhöhung der Muskelspannung zurückführen, denn nach von Eiff genügen schon wenige Tausendstel einer tonischen Muskelaktivität, um eine Erhöhung des Sollumsatzes von 12% zu bewirken.

Für eine mögliche Wirkung der Duft- und Farbstoffe, die über einen Reiz auf das Zentralnervensystem eine Änderung des Muskeltonus auslösen, würde sprechen, daß der O_2 - Verbrauch in den unterschiedlichen Bädern keine signifikanten Änderungen zeigt, sondern nur das Atem- Minutenvolumen.

5.2. Psychische Einflüsse

Bedingt durch die Badeordnung und den Geruch des Melisse-Öl-Bades war es nicht möglich, einen Blindversuch durchzuführen. So wußten die Versuchspersonen über die Art des Bades bescheid und erwarteten von dem Badezusatz eine Wirkung.

Aus einer Arbeit von GÖPFERT, BERNSHEIMER und STUFLER (16) geht hervor, daß die bei geistiger Arbeit auftretenden Grundumsatzerhöhungen zu einem wesentlichen Teil auf begleitenden Steigerungen der Muskelinnervation beruhen. Von 12 Versuchspersonen wurden in wiederholten Versuchen bestimmte geistige Leistungen verlangt, wobei gleichzeitig der Energieumsatz und die tonische Muskelinnervation gemessen wurde. "Die gestellten Rechenaufgaben waren keine höheren geistigen Leistungen. Trotzdem bedeuteten sie für alle Versuchspersonen eine Anstrengung, denn keine der Versuchspersonen wollte sich der Blamage aussetzen, die einfachen Additionen nicht ausführen zu können, so daß von vornherein ein Wille zur geforderten Leistung geweckt war. Diese emotionalen und willensmäßigen Komponenten dürften bei allen Versuchspersonen in ähnlicher Weise mitgewirkt haben, unabhängig vom geistigen Niveau. Wir möchten annehmen, daß gerade die begleitenden psychischen Faktoren eine wesentliche Bedeutung bei der Erhöhung der tonischen Muskelinnervation zukommt."

Diese Feststellung von GÖPFERT, BERNSHEIMER und STUFLER wäre auch für uns eine Möglichkeit, den Anstieg des Atem- Minutenvolumens in und nach dem Bad mit Zusatz zu erklären, da eine Erhöhung des Leistungsaufwands bei psychischen Einflüssen einen Mehraufwand an Energie erfordert.

HESSE, RICHTER und SCHUHMACHER(17) haben bei der Behandlung der

vegetativen Dystonie mit Leitungswasserbädern unter Zusatz von Farb- und Duftstoffen gleich gute Ergebnisse erzielt, (klinisch) wie mit echten Ölbädern. Darüber sind wir uns im klaren, daß wir uns damit auf dem schwer objektivierbaren Gebiet psychischer und reflektorischer Wirkungen befinden.

5.3. Anregende Wirkung über den Geruchssinn auf das limbische System.

Die unteren frontalen und um den Hirnstamm gelegenen Regionen der Hirnrinde wurden ursprünglich als Rhinencephalon bezeichnet, da man diesem Teil des Gehirns lediglich olfaktorische Funktionen zuschrieb. Beim Menschen und bei Säugetieren dient jedoch nur ein Teil des erwähnten Gebietes direkt der Geruchsfunktion, während der größere Teil mit emotionellen Reaktionen, Instinkten und komplexen neuroendokrinen Regulationsfunktionen zu tun hat. Es ist daher zweckmäßig, an Stelle des Namens Rhinencephalon die Bezeichnung limbisches System zu verwenden. MÜLLER- LIMMROTH (18) weist darauf hin, daß sowohl die kutanen Reize, ganz gleich welcher Art, als auch der sensorische Einstrom aus anderen Sinnesorganen über Kollateralen dieser Retikularformation zugeführt werden, so daß jeder sensorische Einstrom zu einer Pegelanhebung in diesem System führt und damit zu einer Anhebung der Wachheit oder der Aufmerksamkeit. Daraus folgert er, daß jeder Reiz somit zugleich auch vegetative und psychische Begleiteffekte bis hin zur Steuerung des Muskeltonus beinhaltet.

Für unseren Versuch würde das bedeuten, daß eine dadurch bedingte Erhöhung der Muskelaktivität eine Grundumsatzsteigerung nach sich ziehen würde. Weiter erklärt MÜLLER- LIMMROTH daß selbst die Erregbarkeit der Hirnrinde beeinflusst wird. So ist es möglich, über den sensorischen Einstrom die Reaktionsfähigkeit der Hirnrinde nachhaltig zu beeinflussen.

" Es ist nun die Frage bei therapeutischen Eingriffen, daß es Unterschiede nach der Art des sensorischen Einstroms gibt,

wobei die sensorischen Reize aus der Haut, vor allem Kaltreize besonders wirksam sind. Das hängt wahrscheinlich mit der Dichte der Kaltrezeptorenverteilung und der damit verbundenen höheren Impulsfrequenz zusammen, die in diese Struktur hineinkommt. "

Die für unseren Versuch daraus resultierenden Schlußfolgerungen sind im Absatz 1 der Diskussion erläutert.

6. Zusammenfassung

1. An 11 Versuchspersonen im Alter von 20 bis 33 Jahren wurden in 22 Versuchen der Sauerstoffverbrauch, die CO_2 - Abgabe und das Atem- Minutenvolumen vor, während und nach Bädern verschiedener chemischer Zusammensetzung untersucht. Hiervon waren 11 Bäder mit Zusatz von 200 ml Melissenöl pro Bad und 11 Bäder ohne Zusatz. Die Wassertemperatur betrug stets $+ 36^{\circ}\text{C} \pm 1$.
2. Als eindeutiges Ergebnis kann der steile Anstieg des Atem- Minutenvolumens 15 Minuten nach dem Bad mit Zusatz gewertet werden.
3. Der Sauerstoffverbrauch ist bei der statistischen Auswertung nicht signifikant unterschiedlich.
4. Die CO_2 - Abgabe fällt leicht bei den Bädern mit Zusatz ab.
5. Ob der Grund für den Anstieg des Atem- Minutenvolumens die Beeinflussung der Thermorezeptoren in der Haut durch das in den Terpenen enthaltene Menthol oder die Stimulierung des Atemzentrums durch die Dämpfe im Baderaum ist, läßt sich nicht sicher entscheiden.
6. Als mögliche Ursache ist auch ein psychogener Faktor zu nennen, da Blindversuche im eigentlichen Sinne nicht durchführbar sind.

- (7) HOLM E., HASELBERGER J., REITH H.-J., FISCHER B. u. FIENE R.
Elektrophysiologische Analyse
der Einflüsse von Terpenen auf
das Gehirn der Katze, Sonderdruck
aus " Die Heilkunst", Heft 3.
März 1974, 87. Jahrgang
- (8) MÖSE J.R. u. LUKAS G., Die Wirksamkeit einiger ätheri-
scher Öle und deren Inhaltsstoffe
auf Bakterien, Arzneimittel- For-
schung 7, (1957) S. 687
- (9) BRAUN H. Die aktuelle Heilpflanze
Melissa officinalis - Melisse
Zeitschrift Therapie 5 (1964)
S. 297
- (10) GLOWATZKI G. Die Melisse, Arzneimittel seit
2000 Jahren, Med. Klin. 16, (1970)
S. 800
- (11) WERZ R. u. HOHMANN G. Über die Prüfung von Beruhigungs-
mitteln am Menschen, Arch. f.
exper. Path. u. Pharmakol. 193,
(1939) S. 272 - 280
- (12) HAUS KLOSTERFRAU Wissenschaftliche Charakteristika
eines Arzneimittels aus Heilpflan-
zen, Broschüre, o.J., o. S.
- (13) HENSEL H. u. ZOTTERMANN The Effect of Menthol on the Thermo-
receptors, From the Department of
Physiology, Kungl. Veterinärhögss-
kolan, Stockholm (1951)

- (14) GOLENHOFEN K. Primäre Kältewirkungen und Thermoregulation, Zeitschrift für physikalische Medizin, Band I, (1970) S. 6- 21
- (15) EIFF A.W. von Grundumsatz und Psych., Springer-Verlag Berlin- Göttingen- Heidelberg (1957)
- (16) GÖPFERT H., BERNSHEIMER A. u. STUFLE R.,
Über die Steigerung des Energie-
stoffwechsels und der Muskelinner-
vation bei geistiger Arbeit, Pflü-
gers Arch. ges. Physiol. 256,
(1953) S. 304 - 320
- (17) HESSE E., RICHTER K. u. SCHUHMACHER K.M.,
Untersuchungen über Fichtelnadel-
bäder, Ärztl. Wschr. 11, (1956)
S. 450 - 452
- (18) MÜLLER- LIMMROTH W. Ergebnisse experimenteller Unter-
suchungen über die Einwirkung hydro-
therapeutischer Maßnahmen auf das
limbische System und die Konsequen-
zen für die Praxis, Kneipp-Gesprä-
che (1974)
- (+) HARTMANN u. BRAUN Grundumsatzgerät, Gebrauchsanwei-
sung, o.J., S. 18

- (14) GOLENHOFEN K. Primäre Kältewirkungen und Thermoregulation, Zeitschrift für physikalische Medizin, Band I, (1970) S. 6- 21
- (15) EIFF A.W. von Grundumsatz und Psych., Springer-Verlag Berlin- Göttingen- Heidelberg (1957)
- (16) GÖPFERT H., BERNSHEIMER A. u. STUFLER R.,
Über die Steigerung des Energie-
stoffwechsels und der Muskelinner-
vation bei geistiger Arbeit, Pflü-
gers Arch. ges. Physiol. 256,
(1953) S. 304 - 320
- (17) HESSE E., RICHTER K. u. SCHUHMACHER K.M.,
Untersuchungen über Fichtelnadel-
bäder, Ärztl. Wschr. 11, (1956)
S. 450 - 452
- (18) MÜLLER- LIMMROTH W. Ergebnisse experimenteller Unter-
suchungen über die Einwirkung hydro-
therapeutischer Maßnahmen auf das
limbische System und die Konsequen-
zen für die Praxis, Kneipp-Gesprä-
che (1974)
- (⁺) HARTMANN u. BRAUN Grundumsatzgerät, Gebrauchsanwei-
sung, o.J., S. 18

M e ß e r g e b n i s s e

Name: Frank Oltscher
 geb.: 18.6.53
 Wasserhöhe: 45 cm
 Wassertemperatur: 36°C
 Blaszeit: 5 Min.
 nüchtern seit: 12 Std.

Tag: 25.6.74
 Beginn: 9⁰⁰
 Badezusatz: 200 ml M.-öl
 relat. Luftf.: 55%
 Raumtemp.: 26°C

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	16.4	3.58	2140	18.8	4.19	
n. 60'	16.2	3.69	2140	26.1	5.64	
n. 30' Bad	16.0	3.58	2140	23.5	5.13	"ohne Zusatz"
n. 15'	16.7	3.42	2140	30.0	6.42	
n. 30'	15.9	3.85	2140	22.8	4.98	

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	16.1	3.41	2140	32.1	6.85	
n. 60'	16.4	2.68	2140	27.4	5.91	
n. 30' Bad	15.4	3.28	2140	20.5	4.53	"mit Zusatz"
n. 15'	16.8	2.22	2140	24.5	5.34	Tag: 27.6.74
n. 30'	16.0	3.13	2140	26.0	5.63	Beginn: 9 ³⁰

Name: Thomas Dengjel
 geb.: 8.4.50
 Wasserhöhe: 45 cm
 Wassertemperatur: 37°C
 Blaszeit: 5 Min.
 nüchtern seit: 8 Std.

Tag: 17.4.74
 Beginn: 15⁰⁰
 Badezusatz: 200 ml M.- Öl
 relat. Luftf.: 64%
 Raumtemp.: 26°C

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	15.5	4.5	2490	18.6	4.218	
n. 60'	15.4	4.6	1965	17.5	3.893	
n. 30' Bad	15.3	4.6	1965	22.55	4.903	"ohne Zusatz"
n. 15'	15.4	4.55	1965	18.31	4.055	
n. 30'	15.7	4.52	1965	28.42	6.077	

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	15.8	4.5	1965	26.35	5.663	
n. 60'	16.35	4.24	1965	30.59	6.511	
n. 30' Bad	15.5	4.8	1965	26.26	5.645	"mit Zusatz"
n. 15'	16.05	4.3	1965	30.12	6.417	Tag: 18.4.74 Beginn: 13 ¹⁵
n. 30'	15.45	4.6	1965	21.25	4.643	

Name: Margret Matt
 geb.: 9.7.52
 Wasserhöhe: 45 cm
 Blaszeit: 5 Min.
 nüchtern seit: 1.3 Std.
 Wassertemperatur: 36°C

Tag: 25.5.74
 Beginn: 12⁴⁵
 Badezusatz : 200 ml M.-Öl
 relat. Luftf. 56%
 Raumtemp.: 29°C

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	18.1	3.38	2140	49.0	10.25	
n. 60'	17.6	3.58	2140	30.0	6.42	
n. 30' Bad	17.8	3.28	2140	46.3	9.68	"ohne Zusatz"
n. 15'	17.5	3.36	2140	29.5	2.32	
n. 30'	16.76	3.7	2140	28.5	5.7	

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	17.35	3.48	2140	31.0	6.62	
n. 60'	17.35	3.38	2140	37.5	7.92	
n. 30' Bad	17.40	3.42	2140	40.0	8.47	"mit Zusatz"
n. 15'	16.70	3.72	2140	36.2	7.66	Tag: 29.5.74 Beginn: 11 ³⁰
n. 30'	17.0	3.32	2140	30.0	7.42	

Name: Rita Werner

geb.: 1.4.52

Wasserhöhe: 45 cm

Wassertemperatur: 36°C

Blaszeit: 5 Min.

nüchtern seit: 6 Std.

Tag: 26.6.74

Beginn: 18⁴⁵

Badezusatz: 200 ml M.-Öl

relat. Luftf.: 65%

Raumtempf.: 27°C

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	18.3	2.08	2140	48.8	10.18	
n. 60'	18.3	1.82	2140	38.5	8.13	
n. 30' Bad	17.4	2.57	2140	33.5	7.12	"ohne Zusatz"
n. 15'	17.7	2.35	2140	37.0	7.83	
n. 30'	17.4	2.55	2140	35.5	7.54	

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	17.8	2.0	2140	29.4	6.38	
n. 60'	17.0	2.45	2140	28.0	6.28	
n. 30' Bad	16.6	2.42	2140	27.0	5.82	"mit Zusatz"
n. 15'	17.2	2.52	2140	29.2	6.26	Tag: 26.5.74 Beginn: 18 ⁴⁵
n. 30'	17.25	2.63	2140	30.1	6.46	

Name: Annemarie Meier
 geb.: 26.9.51
 Wasserhöhe: 45 cm
 Wassertemperatur: 37⁶C
 Blaszeit: 7 Min., m.Z. 5 Min.
 nüchtern seit: 13 Std.

Tag: 3.4.74
 Beginn: 13⁰⁰
 Badezusatz: 200 ml M.-Öl
 relat. Luftf.: 54%
 Raumtemp.: 26.5⁰C

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	16.6	--	1665	48.32	7.147	
n. 60'	17.6	--	1665	50.15	7.402	
n. 30' Bad	17.4	3.62	2315	44.2	6.645	"ohne Zusatz"
n. 15'	17.8	3.25	2315	43.75	5.81	
n. 30'	18.1	3.05	2315	41.3	6.374	

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	15.9	4.7	1965	17.84	3.96	
n. 60'	17.15	3.7	1965	38.38	7.677	
n. 30' Bad	16.95	3.85	1965	37.30	7.46	"mit Zusatz"
n. 15'	17.4	3.55	1965	35.19	7.039	Tag: 23.4.74 Beginn: 14 ³⁰
n. 30'	17.4	3.6	1965	32.59	6.518	

Name: Marianne Stadelhofer
 geb.: 11.12.48
 Wasserhöhe: 45 cm
 Wassertemperatur: 37°C
 Blaszeit: 7 Min. m.Z. 5 Min.
 nüchtern seit: 12 Std.

Tag: 1.4.74
 Beginn: 10¹⁵
 Badezusatz: 200 ml M.-Öl
 relat. Luftf.: 55%
 Raumtemp.: 26°C

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	17.2	--	1615	27.17	4.11	
n. 60'	17.0	--	1615	26.8	4.06	
n. 30' Bad	16.8	--	1615	31.25	4.69	"ohne Zusatz"
n. 15'	17.5	--	1615	45.05	6.67	
n. 30'	17.6	--	1615	32.7	4.9	

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	17.20	3.6	1965	31.86	6.77	
n. 60'	17.15	3.65	.965	28.60	6.11	
n. 30' Bad	18.3	2.98	1965	60.43	12.48	"mit Zusatz"
n. 15'	18.25	2.80	1965	52.10	10.81	Tag: 18.4.74 Beginn: 9 ⁵⁵
n. 30'	18.0	3.02	1965	43.31	9.06	

Name: Hannelore Schmidt
geb.: 12.7.49
Wasserhöhe: 44 cm
Wassertemperatur: 37°C
Blaszeit : 7 Min.
nüchtern seit: 12 Std.

Tag: 3.4.74
Beginn: 9⁴⁵
Badezusatz: 200 ml M.- Öl
relat. Luftf.: 54%
Raumtemp.: 26°C

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	17.7	--	1615	51.1	7.53	
n. 60'	16.5	--	1615	20.3	3.14	
n. 30' Bad	16.45	--	1615	16.2	2.55	"ohne Zusatz"
n. 15'	16.65	--	1615	28.1	4.25	
n. 30'	16.8	--	1615	33.56	5.03	

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	17.2	3.4	1965	14.4	3.27	
n. 60'	16.9	3.65	1965	15.0	3.38	
n. 30' Bad	18.05	2.85	1965	38.8	8.15	"mit Zusatz"
n. 15'	16.9	3.32	1965	48.9	10.17	Tag: 19.4.74 Beginn: 8 ⁴⁰
n. 30'	17.35	3.25	1965	17.6	3.82	

Name: Roswitha Betz

geb.: 28.5.54

Wasserhöhe: 45 cm

Wassertemperatur: 37°C

Blaszeit: 7 Min. m.Z. 5 Min.

nüchtern seit: 12 Std.

Tag: 2.4.74

Beginn: 9¹⁵

Badezusatz: 200 ml M.- Öl

relat. Luftf.: 49%

Raumtemp.: 25°C

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV
n. 30'	17.0	--	1615	45.2	6.7
n. 60'	16.0	--	2335	31.5	4.83
n. 30' Bad	15.6	--	1615	19.5	3.02
n. 15'	15.5	--	1615	27.75	4.2
n. 30'	15.3	--	1615	23.1	3.53

"ohne Zusatz"

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV
n. 30'	16.5	4.3	2140	15.58	3.54
n. 60'	15.45	4.73	2140	16.85	3.8
n. 30' Bad	16.3	4.5	2860	17.52	4.08
n. 15'	16.5	4.1	2140	36.34	5.5
n. 30'	17.1	4.0	2140	35.6	7.53

"mit Zusatz"

Tag: 23.4.74

Beginn: 9⁴⁵

Name: Weil Heinrich
geb.: 18.4.49
Wasserhöhe: 46 cm
Wassertemperatur: 37°C
Blaszeit: 7 Min., m.Z. 5 Min.
nüchtern seit: 5 Std.

Tag: 2.4.74
Beginn: 13³⁰
Badezusatz: 200 ml M.-öl
relat. Luftf.: 53%
Raumtemp.: 26°C

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	16.5	--	1615	53.1	7.82	
n. 60'	17.05	--	1615	58.1	8.52	
n. 30' Bad	16.8	--	1615	46.9	6.93	"ohne Zusatz"
n. 15'	16.15	--	1615	27.0	2.39	
n. 30'	17.0	--	1615	39.5	3.50	

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	16.4	3.40	2140	35.6	7.55	
n. 60'	16.5	2.72	2140	30.9	6.75	
n. 30' Bad	16.45	3.22	2140	24.2	5.27	"mit Zusatz"
n. 15'	16.9	2.30	2140	28.3	6.09	Tag: Beginn:
n. 30'	16.1	3.22	2140	30.8	6.70	

Name: Rainer Kohmann
 geb.: 17.10.42
 Wasserhöhe: 45 cm
 Wassertemperatur: 37°C
 Blaszeit: 5 Min.
 nüchtern seit: 5 Std.

Tag: 3.4.74
 Beginn: 17⁰⁰
 Badezusatz: 200 M.-Öl
 relat. Luftf.: 53%
 Raumtemp.: 26°C

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	18,1	3,0	2315	49,9	10,02	
n. 60'	18,0	2,98	2315	42,8	8,02	
n. 30' Bad	17,4	3,42	2315	32,6	6,52	"ohne Zusatz
n. 15'	17,8	3,11	2315	56,1	11,78	
n. 30'	17,6	3,49	2315	40,0	8,04	

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV	
n. 30'	16,0	4,2	2140	18,82	4,192	
n. 60'	16,0	4,25	1965	19,52	4,217	
n. 30' Bad	16,8	3,75	2140	17,40	3,908	"mit Zusatz"
n. 15'	16,6	3,70	1965	27,52	5,897	Tag: 18.4.74
n. 30'	17,0	3,55	2140	35,54	7,536	Beginn: 16 ¹⁵

Name: Birgit v. Zychlinski
 geb.: 7.1.50
 Wasserhöhe: 45 cm
 Wassertemperatur: 36°C
 Blaszeit: 5 Min.
 nüchtern seit: 12 Std.

Tag. 21.4.74
 Beginn: 10⁴⁵
 Badezusatz: 200ml M.öl
 rel. Luftf.: 55%
 Raumtemp.: 27°C

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV
n. 30'	18.1	3.03	2140	27.0	5.828
n. 60'	17.5	3.40	2140	23.0	5.28
n. 30' Bad	17.4	3.52	2140	19.1	4.248 "ohne Zusatz"
n. 15'	18.1	2.78	2140	16.5	3.728
n. 30'	18.0	2.95	2140	17.2	3.86

Zeit	O ₂ %	CO ₂ %	V _m (ml)	V _R (l)	AMV
n. 30'	17.5	2.38	2140	27.0	5.83
n. 60'	17.8	2.15	2140	20.5	4.43
n. 30' Bad	18.6	1.18	2140	18.5	4.13 "mit Zusatz"
n. 15'	18.5	1.52	2140	30.0	6.43 Tag: 15.7.74
n. 30'	18.2	2.29	2140	26.4	5.78 Beginn: 11 ⁰⁰

Dank schulde ich Herrn Prof. Dr. H. Drexel und Herrn Diplomphysiker K. Dirnagl, die mir freundlicherweise das Thema zur Bearbeitung überließen und mir bei der Abfassung tatkräftig zur Seite standen.

Herrn Diplomchemiker Römmelt und den Angestellten des Institutes gilt mein besonderer Dank.

Lebenslauf

Am 8. April 1950 wurde ich, Thomas Georg Dengjel in Hermannstadt/ Rumänien geboren.

In Leipzig ging ich auf das Gymnasium und legte dort 1969 das Abitur ab.

An der Karl-Marx- Universität zu Leipzig begann ich das Studium der Zahnmedizin und bestand das Physikum im Sommer 1972. Das klinische Studium setzte ich an der Ludwig-Maximilian- Universität zu München fort, wo ich im Juli 1975 das Staatsexamen in der Zahnmedizin ablegte.

